

**Tartu Ülikool**  
**Loodus- ja täppisteaduste valdkond**  
**Ökoloogia ja maateaduste instituut**  
**Geograafia osakond**  
**Loodusteadusliku hariduse keskus**

**Silver Aarna**

**Elva Gümnaasiumi kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste**  
**väärarusaamad seoses Newtoni mehaanikast arusaamisega**

**Magistritöö (15EAP)**

Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

**Juhendaja: PhD Kaido Reivelt**

**TARTU**

**2020**

## **“Elva Gümnaasiumi kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste väärarusaamad seoses Newtoni mehaanikast arusaamisega”**

Käesoleva magistritöö eesmärk oli välja selgitada põhikooli kaheksandate ja üheksandate klasside Newtoni mehaanika väärarusaamad. Uurimistöö tulemust põhjal on õpetajal võimalik muuta õppetöö efektiivsemaks ning anda õpilastele võimalus väärarusaamadest vabaneda. Uurimistöös kasutati kontsentratsiooni analüüsi ning uuringu instrumendina kasutati Ameerika füüsika õpetajate assotsiatsiooni (AAPT) poolt välja töötatud valikvastustega küsimustikku Force Concept Inventory (FCI). Instrumendi abil avastati mõlemas uuringus osalenud grupis üheksa erinevat väärarusaama. Ligikaudu 67% väärarusaamadest olid nii kaheksandatel kui ka üheksandatel klassidel samad.

**Märksõnad:** väärarusaamad, õpilaste arusaamad, Newtoni mehaanika

**CERCS kood S272 „Õpetajakoolitus“**

## **“The misconceptions of Newton mechanics in the eighth and ninth grade of Elva Gymnasium”**

The objective of this master's thesis was to determine the misconceptions of the Newton mechanics among eighth and ninth grade students. The results of this thesis give the teachers a tool to make teaching more effective and to help the students to get rid of their misconceptions. Concentration analysis was used in the research and the research instrument was Force Concept Inventory multiple choice test developed by the Association of American Physics Teachers. Nine different misconceptions were discovered in both groups. Approximately 67% of the misconceptions were the same among both eighth and ninth grade students.

**Key words:** misconceptions, students understanding, Newtonian mechanics

**CERCS code: S272 „Teacher education“**

## SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
Väärarusaama mõiste	6
Väärarusaamade olemus	7
Väärarusaamade kujunemine ja neist vabanemine	8
Loodusteaduslik kirjaoskus ja väärarusaamad	9
Force Concept Inventory uuritavad väärarusaamad	10
METOODIKA	13
Uurimistöö etapid	13
Instrument	14
Andmeanalüüsi teoreetiline ülevaade	16
TULEMUSTE KIRJELDUS	20
ARUTELU	28
KOKKUVÕTE	31
KASUTATUD KIRJANDUS	33
SUMMARY	37
LISAD	39

## SISSEJUHATUS

Gümnaasiumi riiklikus õppekavas (GRÕK) on seatud õpilastele eesmärgiks omandada loodusteaduslik kirjaoskus, mis hõlmab oskust selgitada ning aru saada keskkonnas (loodus-, tehis- ja sotsiaalkeskkond) toimuvatest nähtustest ning analüüsida keskkonda tervikuna. Õppekava ainevaldkonna pädevuste all on välja toodud õpilase iseseisev tõlgendamise oskus, mille peaks õpilane olema omandanud gümnaasiumi lõpuks. (GRÕK, 2011).

Antud magistritöö keskendub Elva Gümnaasiumi põhikooli kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste Newtoni seaduste väärarusaamadele. Magistritöö keskmes on Force Concept Inventory (FCI) test, mis hindab õpilaste üldist arusaamist Newtoni seadustest, nende kasutamist ja tõlgendamist igapäevaelus (Lisa 1) (Hestenes jt, 2013). Test keskendub jõule ja liikumisele (kinemaatika).

Töö on ajendatud eelkõige põhimõttest, teades väärarusaamu, on neid arvesse võttes võimalik muuta/planeerida õpe efektiivsemaks. FCI eelkäija The Mechanics Diagnostic Test (MDT) artikli sissejuhatuses on nenditud fakti, et tavapärane lähenemine ei võta arvesse õpilaste eelnevat kogemust, kuigi sellel teguril on suur mõju õpilase õpingutes - mida ta tegelikult õpib (Halloun ja Hestenes, 1985).

Aastal 2013 Soome õpetajakoolituse üliõpilaste seas läbiviidud uuringust tuli välja, et tudengite praktiliste tööde planeerimisel seisti silmitsi füüsikaga seotud väärarusaamadega (Nivalainen jt, 2013). Seega on probleem üldisem ning omab suuremat mõju, kui ette kujutada oskame.

Eesti haridusmaastikul on tehtud mitmeid loodusteaduse teadmisi kontrollivaid töid. Kõige populaarsem on kindlasti olnud 2015 aastal loodusteadustele keskendunud õpitulemuslikkuse võrdlusuuring PISA test (PISA 2015, 2018). Samuti viib Innove igal aastal läbi mittehinnatava tasemetöö seitsmendatele klassidele (Innove). Hinnatavatest töödest saab välja tuua üheksandate klasside valikeksami, mille on võimalik sooritada loodusteadustes, mida koordineerib Innove (Innove).

Käesoleva magistritöö peamiseks eesmärgiks on välja selgitada Elva Gümnaasiumi põhikooli kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste Newtoni seadustest arusaamine ning püüda

välja tuua enim levinud väärarusaamad. Lähtudes töö eesmärgist on püstitatud kaks järgnevat uurimisküsimust:

1. Millised on Elva Gümnaasiumi põhikooli kaheksandate klasside õpilaste Newtoni seadustega seotud enim levinud väärarusaamad?
2. Millised on Elva Gümnaasiumi põhikooli üheksandate klasside õpilaste Newtoni seadustega seotud enim levinud väärarusaamad?

Eesmärkide saavutamiseks viidi magistritöö raames põhikooli kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste seas läbi FCI test.

Käesolevas töös antakse ülevaade teemakohasest kirjandusest, kirjeldatakse metoodikat, milles kirjeldatakse uuringu ülesehitust, kasutatud instrumenti, valimit ning andmetöötlust. Välja on toodud tulemused, nende analüüs ja arutelu. Magistritöö lõpuosas on kokkuvõte.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Väärarusaama mõiste

Kõigil füüsikat õppima asuvatel inimestel on olemas mingi igapäevakogemusel põhinev kujutluspilt või mudel, mille järgi füüsiline maailm toimib. Arusaam sellest, kuidas miski toimib, võib põhineda isiklikul kogemusel või õpitul. Tekkinud arusaamad ei pruugi olla kooskõlas teaduslike arusaamadega. Teadlased toovad välja, et õpilast mõjutavad füüsika sissejuhatuses tuntavalt olemasolevad veendumused või uskumused (Hestenes jt, 1992). Paljudes uuringutes on välja toodud, et õpilastel on mitmeid arusaamu, mis ei lähe kokku kaasaegse teadusliku maailmaga. 1972 aastal võeti seetõttu kasutusele sõna „väärarusaam“ (Doran, 1972).

Väärarusaam kõige üldisemas tähenduses on arusaam, mis erineb oluliselt teadlaskonna poolt aksepteeritust (Garnett jt, 1995). Teaduskirjanduses on väärarusaama mõistel mitmeid variatsioone. Mõned näited:

1. *alternative frameworks* - alternatiivne raamistik või tugikonstruktsioon (Garnett jt, 1995);
2. *alternative conceptions* - alternatiivne kontseptsioon või arusaam, käsitus (Garnett jt, 1995; Driver ja Easley, 1978);
3. *spontaneous knowledge* - omaalgatuslik arusaam (Pines ja West, 1986);
4. *children's science* - laste teadus (Gilbert jt, 1982).

Erinevate eesti teadlaste vasted mõistele on välja toodud Külli Tiit magistritöös, näiteks väärkäsitus ja eelkäsitus (Tiit, 2010). Käesolevas töös kasutatakse eelkõige mõistet väärarusaam, mille all mõeldakse kontseptsiooni, mis erineb tuntavalt teadlaste poolt välja töötatud ning aktsepteeritud arusaamadest. Antud töös on väärarusaama sünonüümideks kasutatud: valed mudelid; alternatiivsed lähenemised; vale arusaam ja domineeriv mõttemuster. See, millal saab teadmist lugeda väärarusaamaks, on välja toodud metoodika peatüki all. Väärarusaama mõiste võib olla kohati arusaamatu, vääriti mõistmine või valesti vastamine ei tähenda alati domineeriva väärarusaama olemasolu.

Üks levinud väärarusaam, mida uurimuse autor on õpilastel kohanud, on suurema massiga kehade langemise suurem kiirus võrreldes väiksema massiga kehadega. Kui klassis on

katseliselt tõestatud, et vabalangemise aeg on võrdne, jääb mitmetel õpilastel väärarusaam siiski püsima. Teadlased toovad välja, et teadusliku maailmapildi omaks võtmine võib olla äärmiselt keeruline (Novak, 1988; Hestenes, 1987; Nussbaum ja Novick, 1982).

## 1.2. Väärarusaamade olemus

Väärarusaamade kohta annab parema pildi 1997 aasta tööraamatus välja toodud väärarusaamade liigid (Science Teaching Reconsidered: A Handbook 4). Väärarusaamade liigid on määratud vastavalt kujunemisele. Vastavalt tööraamatule on väärarusaamad jaotatud viide järgnevasse liiki.

Ettemoodustatud arusaamad (*preconceived notions*) – üldlevinud igapäevaelus juurdunud kontseptsioonid. Levinud näiteks on arusaam, et maaalune vesi voolab samamoodi nagu maa peal.

Mitteteaduslikud uskumused (*nonscientific beliefs*) – religioonist ja/või mütoloogiast tulenevad uskumused, mille allikateks võivad olla mitteteaduslikud kirjateosed. Levinuimad väärarusaamad puudutavad eluteket Maal või planeedi Maa kujunemist selliseks nagu me seda tunneme. Kuna väärarusaamad on seotud sügavate uskumustega ning küllap pika kultuurse ajalooga, on teadusliku ja mitteteadusliku lähenemise suur vastuolu tekitanud õpilastele probleeme loodusteaduste omandamisel.

Kontseptuaalsed väärarusaamad (*conceptual misunderstandings*) – õppides teaduslikke mõisteid, ei suudeta nende abil eelnevat arusaama ümber lükata, vaid luuakse nende peale uued valed mudelid. Levinud väärarusaam on, et tasakaalus olevatele kehadele ei mõju ühtegi jõudu.

Semantilised väärarusaamad (*vernacular misconceptions*) – keele kasutusest tulenev arusaam. Sõnal on igapäeva elus üks tähendus, kuid teaduslikus kontekstis teine, näiteks osakese tähendus tavakeeles on väike nähtav osa, kuid loodusteadustes molekul, aatom või ioon.

Faktilised väärarusaamad (*factual misconceptions*) – arusaamad, mis on tihti omandatud noores eas ning püsivad muutmata kujul täiskasvanueani. Noores eas võivad olla omandatud väga lihtsad, kuid absurdsed väärarusaamad näiteks valguse kadumisest: lamp põleb ja lambi

valgus levib mingi piirini ning kaob. Mida eredamalt lamp põleb, seda kaugemal antud piir on. Väärarusaamade liigi määramiseks tuleb läbi viia kvalitatiivne uurimus

### **1.3. Väärarusaamade kujunemine ja neist vabanemine**

Iga õpilane alustab füüsika õpinguid aastatepikkuse kogemustepagasiga. Efektiivseim viis õpilases teadmisi talletada, on lasta tal luua kontseptsioonid enda kogemuse põhjal. Kogemuse põhjal omandatud kontseptsioonid püsivad õpilases kauem võrreldes teiste õpistiilide kaudu omandatuga (Marek ja Methven, 1991). Teadlased toovad välja, et füüsika kursusel mõjutavad õpilast tuntavalt varasemalt kogemuse põhjal loodud veendumused või uskumused (Hestenes jt, 1992). Seepärast peeti juba 1969 aastal oluliseks õpetajal esmalt uurida õpilastelt nende eelteadmiste ning arvamuste kohta (Marek, 1986).

Varasemad teadmised mõjutavad õpilaste arusaamist füüsika kontseptsioonidest, sest uued teadmised ei pruugi varasema teadmisega ühilduda (Haidar ja Abraham, 1991). On leitud, et õpilaste varasemad uskumused liikumise ja jõu kohta on enamuses Newtoni mehaanikaga kokkusobimatud ning traditsiooniline kooliõpe ei suuda neid muuta (Hestenes jt, 1992). Teadlased toovad välja, et väärarusaamadest vabanemine võib olla äärmiselt keeruline (Novak, 1988; Hestenes, 1987; Nussbaum ja Novick, 1982). Seepärast on väga oluline, et õpetaja teaks, milliste eelteadmistega uut teemat omandama hakatakse (Marek, 1986). Õpetaja peaks saama aimduse kas läbi testide või intervjuude.

Väärarusaamade tekkimisel võib olla palju põhjuseid, kuid konkreetset allikat ei ole üldjuhul võimalik kindlaks teha (Krikmann jt., 2005). Väärarusaamade kujunemise põhjuseks võivad olla varasemad teadmised, keelekasutus, meedia, tuvastamatud allikad ning ka erialane kirjandus või õpikud (Krikmann jt., 2005). Väärarusaamade kujunemisele aitab samuti kaasa õpilase õppetsüklist puudumine (Türkmen ja Usta, 2007). Mitmed teadlased toovad välja, et õppetöös vaid õpiku kasutamine võib tekitada õpilastes väärarusaamu, kuid õpetaja peaks tegema teadlikke valikuid lastes õppida katsete ja testide kaudu (Renner jt, 1990; Renner jt 1992). Viimase kolme aastakümne jooksul on püütud rakendada uurimispõhisele õppetsüklile tuginevat lähenemisviisi - muuta õppetöö rohkem “käed külge” (Türkmen ja Usta, 2007).

Väärarusaamadest vabanemine on seotud inimese psühholoogilise kaitsega, mida endale teadvustamata kasutatakse. Õpetaja peab antud situatsioonis käituma ettevaatlikult, sest



varasemaid teadmisi ei saa uutega asendada juhuslikult, vaid uued teadmised peavad saama vaieldamatuks. Sellisel viisil toimides tekib õpetajal võimalus õpilasele anda edasi ka varasematest teadmistest oluliselt erinevaid seisukohti. (Kidron, 1999)

Samuti tuuakse välja, et väärarusaamadest vabanemisel võivad abiks olla reaalsust reprodutseerivad arvutisimulatsioonid, mis peale õpilase arusaamade diagnoosimise võib ka väärarusaamu parandada (Tao ja Gunstone, 1999).

#### **1.4. Loodusteaduslik kirjaoskus ja väärarusaamad**

Iga õpilane alustab füüsika õpinguid mingite eelteadmistega – juba lapsena püüame mõtestada maailma ning anda loodusele mingi tähenduse. Küllap ei suuda laps või füüsikat mitteõppinu tihti mõtestada füüsika seaduspärasused teadusele vastavalt, mille tõttu võib ta omada mitmeid väärarusaamu. Teadlased toovad välja, et olemasolevad veendumused või uskumused mõjutavad tuntavalt õpilast füüsika sissejuhatuses (Hestenes jt, 1992). Õpilased, kes pole suutnud õppida selgeks kõige lihtsamaid Newtoni seaduseid, jäävad hätta edaspidise materjali omandamisel (Hestenes jt, 1992). Kuna õpilastel ei ole tekkinud arusaama õpitust, peavad nad hakkama saama üksikute, mitte tervikut moodustavate teadmistega neile tähendusetute ülesannete täitmisel. Antud õpilaste teadmised on justkui isoleeritud fragmendid, mis ei moodusta tervikut (Hestenes jt, 1992).

Põhikooli riikliku õppekava (PRÕK) järgi peaks õpilane omandama põhikooli tasemel füüsika loodusteaduste kirjaoskuse (PRÕK, 2011). Gümnaasiumi riiklikus õppekavas (GRÕK) on seatud õpilastele eesmärgiks omandada loodusteaduslik kirjaoskus, mis hõlmab oskust selgitada ning aru saada keskkonnas (loodus-, tehis- ja sotsiaalkeskkond) toimuvatest nähtustest ning analüüsida keskkonda tervikuna. Õppekava ainevaldkonna pädevuste all on välja toodud õpilase iseseisev tõlgendamise oskus, mille peaks õpilane olema omandanud gümnaasiumi lõpuks. (GRÕK, 2011). Antud eesmärkide täitmist võib häirida väärarusaamadest tingitud mõju. Wahidah jt (2019) toovad välja, et väärarusaamad on süüdi õpilaste madalas loodusteaduslikus kirjaoskuses (Wahidah jt, 2019).

Omandatud loodusteaduslik kirjaoskus on arenenud riikide üks prioriteetidest võitlemaks kahekümne esimese sajandi probleemidega (OECD, 2015). Peamiselt püütakse saavutada, et üldsus huvituks teadusest ning selle vajalikkusest ning suudaks rakendada teadmisi enda elus

(DeBoer, 2000). Mõiste *loodusteaduslik kirjaoskus* sisaldab endas soovi panna ühiskonna liikmed toimima vastutustundlikult, mitte olla vaid loodusteaduste teadmiste pagasi kandja (Holbrook jt, 2009). Oluline on, et õpilased õpiksid loodusteadustes midagi, mis neid sedavõrd huvitab, et soovitakse ennast veel täiendada. Seepärast peaks loodusteaduslik kirjaoskus olema eelkõige miski, mis ajas kasvab – loodusteaduslik arusaam, mille alge koolis istutatakse ning mida täiskasvanueas soovitakse arendada (DeBoer, 2000).

Eelnevale tuginedes ei pruugi õpilaste loodusteaduslik kirjaoskus uurimistöö valdkonnas areneda, vaid võib jääda üksikute seaduspärasuste meeldejätmise tasemele, mistõttu ei suudeta näha tervikpilti. Mitmed õpilased alustavad füüsika õpinguid varasemalt kujunenud arusaamadega, mis füüsika kontseptsioonidega ei seonu. Juhul, kui tegemist on väärarusaamadega, peaks õpetaja kindlasti proovima õpilasega antud teemal diskuteerida, et arusaam asendada korrektse tõlgendusega. Teadlased toovad välja, et väärarusaam võib valmistada õpilasele edaspidi raskusi füüsika maailma seaduspärade korrektsel mõtestamisel (Demirci, 2003). Seega ei kujune õpilasel välja iseseisvat füüsikalise maailmapildi analüüsivõimet - ta ei oska füüsikat kui tööriista keskkonna analüüsimiseks kasutada.

### **1.5. Force Concept Inventory uuritavad väärarusaamad**

On tehtud kindlaks, et tavapärane arusaam liikumisest ja jõust on Newtoni mehaanikaga kokkusobimatu ning traditsiooniline õpetamismetoodika ei suuda arusaamu muuta (Hestenes jt, 1992). Kui õpilased ei ole kõige põhilisemaid Newtoni kontseptsioone õppinud, ebaõnnestuvad nad ka ülejäänud kursuse materjali omandamisel (Hestenes jt, 1992).

Antud uurimistöö keskmes oleva FCI testi kõik alternatiivsed valikud on levinud väärarusaamad. Kõik FCI poolt tuvastatavad väärarusaamad on välja toodud tabelis 1. Uurimistöös kasutatava FCI testi autorid on jaganud uuritavad väärarusaamad kuude järgnevasse valdkonda:

1. Kinemaatika - tavaarusaamadele tuginedes võib liikumise mõiste olla küllalt ebamäärane. Uurimuses testitakse, kas õpilane on võimeline tegema vahet positsiooni, kiiruse ja kiirenduse vahel ning tuvastama kiiruse ja kiirenduse vektoriaalse olemuse. Kõige algelisem, mis õpilasel peaks antud kontseptsioonist selge olema, on kiirenduse tuvastamine. (Hestenes jt, 1992)

2. Edasiviiv jõud (*Impetus*) - tavapärane lähenemine eraldab jõu mõiste kaheks, aktiivne ja elutu jõud, mis hoiab keha liikumas. *Impetus* on elutu kehasisene jõud, mis hoiab keha liikumas ning vastandub Newtoni esimesele seadusele. Selleks, et kehad liiguksid, peavad nad olema varustatud edasiviiva jõuga. (Hestenes jt, 1992)
3. Aktiivne jõud - keha omandab jõu otsesel kontaktil aktiivsete jõu vahendajate kaudu. Vahendajatel on võime tekitada liikumist - anda kehale edasiviiv jõud ja transportida seda teistele objektidele, näiteks poiss palli viskamas. Aktiivne jõud vastandub eelkõige Newtoni teisele seadusele. Newtoni teise seaduse ebamäärase tervemõistusliku versiooni järgi tekitavad aktiivsed jõud liikumist. (Hestenes jt, 1992)
4. Mõju/vastasmõju paarid - õpilased tihti tõlgendavad "vastastikmõju" konflikti vaatenurgast, milles võit kuulub tugevamale. Seega leiavad õpilased, et kahe erineva jõu mõjumisel samale kehale võidab üks jõud teist jõudu. Väärarusaamade järgi on Newtoni kolmas seadus ebamõistlik. Konflikti puhul avaldab suurema ruumalaga, massiivsem või aktiivsem keha ka rohkem jõudu. (Hestenes jt, 1992)
5. Mõjude liitmine - kahe jõu mõjumisel samale kehale rakendatakse tihti domineerimise printsiipi, mille järgi üks jõud võidab teist jõudu. (Hestenes jt, 1992)
6. Teised liikumist mõjutavad mõjud - terve mõistuse poolt ei ole jõud ühtselt defineeritud, vaid omab mitmeid variatsioone. Peale aktiivsete jõudude on veel takistus ja gravitatsioon. Tervemõistusliku lähenemise järgi ei avalda kehad nagu sein või tool jõudu, vaid takistavad kehade liikumist. Massi peetakse aktiivsete agentide liikumise takistuseks. Tervemõistusliku lähenemise järgi ei ole gravitatsioon võrdeline gravitatsiooni jõuga. Usutakse, et gravitatsioon muutub mõne meetri jooksul märkimisväärselt. (Hestenes jt, 1992)

**Tabel 1.** FCI testi uuritavad väärarusaamad ning neile vastavad küsimuste valikud (Hestenes jt, 1992; tõlk. K. Reivelt)

#### **Kinemaatika**

Asukoha ja kiiruse mitte eristamine	19B,C,D;20B,E,D
Kiiruse ja kiirenduse mitte eristamine	19A; 20C
Kiiruse liitmine mitte-vektoriaalsel kujul	9C

#### **Edasiviiv jõud (*Impetus*)**

"Löögilt" saadud edasiviiv jõud	11B,C,D;27D;29D
Algse edasiviiva jõu kadumine/taastumine	7D;8C,E;21A;23A,D,E

Edasiviiva jõu hajumine	13A,B,C;10C;12C,D;14E;24C,E;27B
Järk-järguline või viivitusega edasiviiva jõu kasvamise	8D;10B,D;21D;27E
Ringjooneline edasiviiv jõud	7A,D;6A
<b>Aktiivne jõud</b>	
Jõudu avaldavad vaid aktiivsed agendid	28B;29E;15D;16D;17E;
Liikumine avaldab aktiivset jõudu	27A
Paigalseisvad objektid ei avalda jõudu	29E
Kiirus on proportsionaalne rakendatud jõuga	22A;25A
Kiirendus tähendab jõu kasvamist	3B
Jõud viib kiirenduseni kuni teatud lõppkiiruse saavutamiseni	3A;22D
Aktiivne jõud kustub/kahaneb/väsib	22C,E
<b>Mõju/vastasmõju paarid</b>	
Suurem mass avaldab suuremat jõudu	4A,D;28C,D;15B;16B
Aktiivseimad agendid avaldavad suurimat jõudu	15C;28D;16C
<b>Mõjude liitmine</b>	
Liikumise määrab suurim jõud	17A,D;
Liikumise määrab jõudude kompromiss	7C;6D;12A;14C;21C
Liikumise määrab viimasena mõjuv jõud	8A;9B;21B;23C
<b>Teised liikumist mõjutavad mõjud</b>	
Tsentrifugaaljõud	7C,D,E;6C,D,E
Takistused jõudu ei avalda	30D; 4C;11,B;29A;15E;16E
<b>Takistus</b>	
Mass peatab kehad	27A,B;14A,B
Liikumine tekib siis, kui jõud saab takistusest suuremaks	25B,D
Takistus tekitab jõule/edasiviivale jõule vastassuunalise liikumise	25E
<b>Gravitatsioon</b>	
Õhurõhk aitab gravitatsioonijõudu	11A;29C;3E;17D
Gravitatsioon on massi loomupärane omadus alla kukkuda	13E;11E;3D
Raskemad objektid kukuvad kiiremini	1A;2B,D
Gravitatsioonijõud suureneb, kui kehad kukuvad	13B;3B
Gravitatsioon hakkab mõjuma pärast seda, kui edasiviiv jõud raugub	13B;12E;14E

## **2. METOODIKA**

Uurimus viidi läbi 2020. aasta aprillis, milles osalesid Elva Gümnaasiumi kaheksandad ja üheksandad klassid. Uurimuse eesmärk oli saada teada Elva Gümnaasiumi kaheksandate ja üheksandate klasside väärarusaamad Newtoni mehaanika kohta. Uurimuse läbiviimiseks püstitati kaks järgnevat uurimisküsimust:

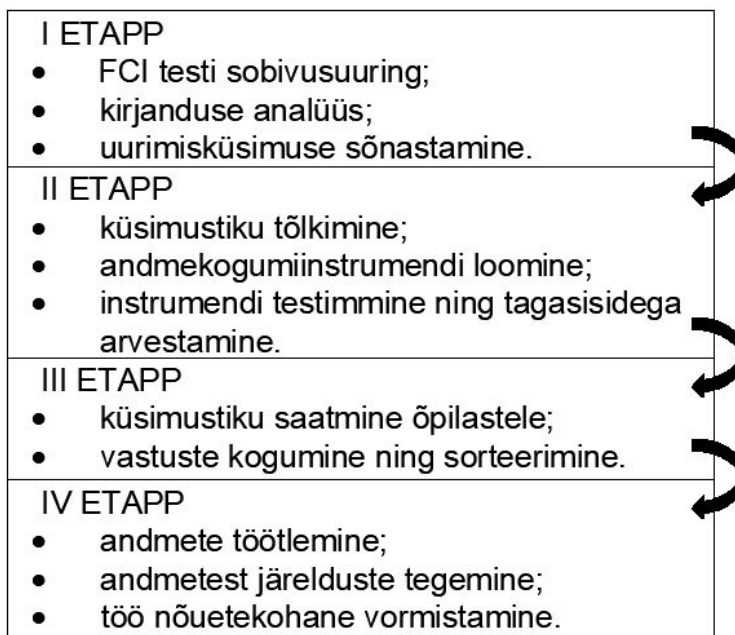
1. Millised on enamlevinud Newtoni mehaanika väärarusaamad Elva Gümnaasiumi kaheksandate klassides?
2. Millised on enamlevinud Newtoni mehaanika väärarusaamad Elva Gümnaasiumi üheksandates klassides?

### **2.1. Uurimistöö etapid**

Uurimus koosnes neljast etapist (Joonis 1). Esimeses etapis analüüsiti FCI-ga seonduvaid andmeid ning testi sobivust Eesti haridussüsteemi. Testi sobivuse kohta küsiti hinnangut füüsikaõpetajate osakonnalt (EFS), kust saadi positiivset tagasisidet. Esimeses uurimuse etapis analüüsiti testi kohta käivat teoreetilist materjali, millele tuginedes pandi paika uurimisküsimus.

Teine etapp sisaldas küsimustiku tõlketööd ning küsitlusuuringu instrumendi loomist. Esmalt tõlgiti küsimustik ning loodi küsimustiku läbiviimiseks instrument opik.fyysika.ee keskkonda. Tõlketöö täiustamiseks ning vigade likvideerimiseks lasti küsimustik lahendada ning kommenteerida mitmetel spetsialistidel – füüsikutel, keeleteoimetajatel ning füüsikaõpetajatel. Tagasisidest ilmneseid mitmed kirjavead ning tõlkimisest tulnud arusaamatud kohad, mis seejärel likvideeriti.

Uurimistöö kolmandas etapis viidi eesmärgi saavutamiseks läbi uuring Elva Gümnaasiumi kaheksandates ja üheksandates klassides. Uuringu neljas etapp sisaldas opik.fyysika.ee keskkonda loodud instrumendist saadud andmete töötlust, andmeanalüüsi vastavalt andmeanalüüsi teoreetilise ülevaate peatükis kirjeldatule. Antud etapi viimane osa sisaldas tulemuste nõuetele vastavaks magistritööks vormistamist.



**Joonis 1.** Uurimistöö etapid

## 2.2. Valim

Lähtuvalt uurimisküsimusest ja töö eesmärgist uurida Newtoni mehaanika väärarusaamade eksisteerimist Elva Gümnaasiumi kaheksandates ja üheksandates klassides, viidi küsitlus läbi kõigis Elva Gümnaasiumi kaheksandates ja üheksandates klassides. Uuringus osalenud valiti seetõttu, et uuringu läbiviijal on aktiivne töösuhe antud õppeasutusega. Uuringus kasutati mugavusvalimit, mille moodustas kokku kaheksandatest klassidest 41 õpilast ja üheksandatest klassidest 46 õpilast. Üks üheksanda klassi õpilane ei olnud kõikidele küsimustele vastanud, seega andmetöötles kasutati üheksandatest klassidest 45 õpilase vastuseid. Kaheksandate klasside üldkogumi moodustas 88 õpilast, seega saadi andmetöötles kasutada ligikaudu 47% õpilaste vastuseid. Üheksandate klasside üldkogumi moodustas 81 õpilast, seega saadi andmetöötles kasutada ligikaudu 56% õpilaste vastuseid.

## 2.3. Instrument

Töö kavandati kvantitatiivse uuringuna, kus uurimisstrateegiana kasutati ülevaateuurimust ning andmekogusmismeetodina Ameerika füüsika õpetajate assotsiatsiooni (AAPT) poolt välja töötatud valikvastustega küsimustikku Force Concept Inventory (FCI) (Hestenes jt, 2013). Andmekogumisinstrumendi kasutamine kooskõlastati AAPT-ga. Kogu tõlketöö teostas Kaido Reivelt ning küsimustiku sõnastuse parendamiseks ning vigade likvideerimisega

tegelesid antud töö autor ning mitmed teised spetsialistid. Tõlgitud küsimustikule loodi eraldi andmekogumisinstrument [opik.fyysika.ee](http://opik.fyysika.ee) lehele, mille abil edaspidi andmeid ka koguti. Kogutud andmete töötlemiseks kasutati programme Microsoft Excel 2010 ja Google Sheets.

### **2.3.1. Force Concept Inventory**

Magistritöö keskmes olev FCI test on laialdaselt kasutatud ning läbinisti testitud Newtoni mehaanika hindamisinstrument (Lisa 1) (McDermott ja Redish, 1999). Test hindab õpilaste üldist arusaamist Newtoni seadustest, seaduste kasutamist ja tõlgendamist igapäevaelus (Hestenes jt, 2013). FCI populaarsus seisneb väärtuslikus infos, mida õpetaja saab oma õppegrupi kohta teada - see mida juhendajad ja õpetajad arvavad oma õpilasi mõistvat ning mida FCI näitab, võib olla väga erinev. See erinevus, ning võimalus tulemuste põhjal muuta õpe efektiivsemaks, on aidanud FCI teha füüsika erialal ühe kõige enam kasutatud küsimustikuks (Hestenes ja Hallound, 1995).

FCI on valikvastustega test, mis sisaldab küsimusi vaid Newtoni seaduste kohta ja paigutub mehaanika osa alla (McDermott ja Redish, 1999). Küsimustes kasutatakse igapäevast sõnavara ning vastuse leidmine ei nõua arvutamist. Valikvastustest on vaid üks õige vastus ning ülejäänud vastuste variandid on levinud väärarusaamad (Tabel 1) (McDermott ja Redish, 1999).

FCI testiga alustati tegelemist juba aastal 1985, kui eelkäija The Mechanics Diagnostic Test (MDT) avaldati. MDT-ga sooviti selgitada välja õpilaste teadmised ja arusaamad Newtoni mehaanikast. Esmalt oli test avatud vastuste vormis. Avatud küsimuste vastuste põhjal koostati seejärel valikvastustega küsimustik, mille vastusevariantideks valiti enim nimetatud väärarusaamad. Koostatud küsimustiku usalduväärsuse tõstmiseks tehti testi vastanutega intervjuusid, et saada aru, kas küsimust on õigesti mõistetud. Intervjuudes kordasid õpilased oma testi vastuseid praktiliselt ilma eranditeta (Hallound ja Hestenes, 1985).

Aastal 1992 lasti välja testi uus variant, FCI esimene versioon, millest umbes pooled küsimused pärinesid varasemast MDT testist (Hestenes jt, 1992). Kõige uuem FCI versioon, mida on kasutatud ka antud uurimistöös, avaldati aastal 1995 (Hestenes ja Hallound, 1995). Uusim variant sisaldab 30 küsimust ning tõenäosus, et õige vastus valitakse valede põhjustel (mis eelnevatel testidel eksisteeris) oli viidud antud testiga miinimumini (Hake, 1998).

FCI testi näivvaliidsus ei ole küsitav (Hestenes ja Hallound, 1995). FCI testi avaldamisest saati on tegeletud selle täiustamisega ning test on läbinud pika valideerimisprotsessi ning selle usaldusväärsus on hästi tõestatud (Savinainen ja Viiri, 2008).

## **2.4. Andmeanalüüsi teoreetiline ülevaade**

Uurimistöös on kasutatud kontsentratsiooni analüüsi, millega mõõdetakse õpilaste vastuste jagunemist valikvastustega küsimustikule vastamisel (Bao ja Redish, 2001). Analüüsi eesmärk on leida üles õpilaste ühtsed väärtused (Bao ja Redish, 2001). Kui traditsiooniline hindamine ei võta valesid vastuseid üldiselt selliselt arvesse, et oskaks neid põhjendada, siis antud meetodiga püütakse valedest vastustest välja tuua väärtuslik teave (Bao ja Redish, 2001). Meetod tugineb õpilaste arusaamade kvalitatiivsel uurimisel, mille põhjal loodi algoritmid vastava info väljatöötamiseks ja kuvamiseks (Bao, 1999).

Meetodi tööpõhimõtteks on, et õpilaste teadmised on süsteemsed kontekstist sõltuvad assotsiatsiooni mustrid (Bao ja Redish, 2001). Meetodiga analüüsitakse kõiki õpilase vastuseid, mitte vaid osa, kus kasutatakse õiget lähenemist (Bao ja Redish, 2001). Seepärast peavad kõik valikvastused olema levinud mustrid või alternatiivsed lähenemised. Sel juhul, kui õpilasel puudub teemaga igasugune seos või omab ta väga vähe teavet, on valik ligilähedane juhuslikule valikule. Seetõttu annavad testi vastused teavet õpilase hoiaku kohta (Bao ja Redish, 2001).

### **2.4.1. Kontsentratsiooni faktor**

Töös kasutatav kontsentratsiooni faktor (edaspidi C) on funktsioon, millega kaardistatakse klassi küsimuste vastused vahemikus 0-1. Kontsentratsiooni faktor annab ülevaate õpilaste vastuste jaotumisest ning ei ole sõltuv tulemusest (Bao ja Redish, 2001). Suurima väärtuse korral on õpilased kindlasti vastanud üheselt, sellisel juhul on C väärtus lähedane ühele (Bao ja Redish, 2001). Kontsentratsiooni faktori arvutamiseks kasutatakse järgmist valemit:



$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \times \left(r - \frac{1}{\sqrt{m}}\right) = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \times \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}}\right);$$

- C - kontsentratsiooni faktor;
- m - küsimuse valikvastuste arv;
- N - küsimusele vastanud õpilaste koguarv;
- i - küsimuse valik;
- n - õpilaste arv vastavalt valikule (Bao ja Redish, 2001).

Alljärgnevas tabelis (Tabel 2) on välja toodud kolm juhtu C väärtuse kujunemiseks. Numbrid lahtrites kujutavad õpilasi, keda on igas juhuses kokku 100.

**Tabel 2.** Kontsentratsiooni faktori kujunemine erinevate vastuste mustrite puhul (Bao ja Redish, 2001)

Grupp	Valikvastustega küsimuse valikud					Kontsentratsiooni faktor C
	A	B	C	D	E	
I	20	20	20	20	20	0
II	50	10	30	5	5	0,27
III	100	0	0	0	0	1

Esimesse gruppi kuuluvad õpilased, kelle valikud on ühtlaselt viie vastusevariandi vahel jaotunud. Teine grupp on iseloomulik tavalisele klassile, kus mõnda vastusevarianti valitakse rohkem kui teisi. Kolmanda grupi puhul on tegemist niinimetatud tsentreeritud valimiga, kus kõik õpilased valivad sama vastusevariandi. Kolmanda grupi C arv väljendab ideaalset juhtu arvuga 1. Esimese, ühtlaselt jaotunud vastustega grupi puhul on C arv 0.

#### 2.4.2. Millist infot annab kontsentratsiooni faktor?

Võrdleme kontsentratsiooni faktorit õpilaste tulemusega, et anda parim ülevaade mitte ainult õpilaste saavutusest vaid ka domineerivatest väärarusaamadest, mis on uurimistöö eesmärk. Selleks kasutame Lei Bao (1999) artiklis välja toodud kolmetasemelist kodeeringut (Bao,

1999). Vastavalt kalkulatsioonidele on loodud kolm taset (Tabel 2) - L, M ja H, mis tähistavad vastavalt *low*, *medium* ja *high* (Bao, 1999; Bao ja Redish, 2001). Vahemikud on välja toodud tabelis 3. Õpilaste tulemused on viidud vahemikku 0-1, milles 0 on vastav 0%-le ja 1 on vastav 100%-le.

**Tabel 3.** Tulemuse ja kontsentratsiooni faktori võrdluseks kasutatavad tasemed (Bao, 1999)

Tulemus	Tase	C	Tase
0 - 0,4	L	0 - 0,2	L
0,4 - 0,7	M	0,2 - 0,5	M
0,7 - 1	H	0,5 - 1,0	H

Tulemuse ja C faktorit võrdlusest on Lei Bao (2001) välja toonud erinevad õpilaste küsimustikule vastamise tüübid. Madala punktisummaga, kuid kõrge kontsentratsiooniga küsimuse saame tähistada kui LH-tüüpi vastuse. Sellisel juhul on õpilased keskendunud ning püüdnud küsimusest aru saada ning vastata vastavalt eelteadmistele või kogemusele. Sellisel juhul on õpilased vastuse valimisel juhindunud valest arusaamast. LL tüüpi vastuse puhul näeme, et tulemus kui ka kontsentratsioon on madal, mis tähendab, et enamikel õpilastest ei olnud domineerivat mõttemustrit ning on valitud juhuslik vastus. HH-tüüpi vastuse puhul on õpilased analüüsinud ning saanud õige vastuse. Kahe mudeli olukord tekib, kui vastused jaotuvad kahe valiku vahel, kui üks on õige vastus, on tüübiks MM. Valede valikute puhul on tegemist LM tüüpi vastusega. Võimalikud õpilaste küsimustiku vastamise tüübid on välja toodud järgmises tabelis (Tabel 4).

**Tabel 4.** Tulemuse ja kontsentratsiooni faktori võrdluseks kasutatavate tasemete võimalikud kombinatsioonid (vastuse tüüp) ning nende selgitused (Bao ja Redish, 2001)

	Tüüp	Tüübi selgitus
Üks mudel	HH	Õpilased on valinud õige vastuse.
	LH	Õpilased on valinud ühe vale arusaama.
Kaks mudelit	LM	Kaks võimalikku vale arusaama.
	MM	Kaks populaarset arusaama (õige ja vale).
Ei ole mudelit	LL	Põhimõtteliselt juhuslik situatsioon.

Õpilased on valinud ühe õige või vale valiku LH ja HH tüübi puhul. HH tüübi puhul on õpilased kontsentreeritud ning valinud õige vastuse. LH puhul on kontsentratsioon õpilastel kõrge, kuid on valitud vale arusaam, mille puhul on põhjust otsida domineeriva väärarusaama olemasolu. Kahe mudeli puhul kerkivad õpilaste vastuste seast esile kaks populaarsemat valikut. LM tüübi puhul on õpilaste tulemus madal ning kontsentratsioon keskmine, mille puhul on enamik õpilaste vastustest jaotunud kahe vale arusaama vahel. MM puhul on õpilaste valikud suuremalt jaotunud ühe vale arusaama ja õige vastuse vahel. LM ja MM puhul tasuks otsida domineeriva vale arusaama olemasolu. LL tüübi puhul on õpilaste valik juhuslik.

#### **2.4.3. Millal saab arusaama lugeda väärarusaamaks?**

Õpilaste valikud võivad olla juhuslikud, kuid nad võivad juhinduda vastamisel ka domineerivatest väärarusaamadest. Selleks, et FCI testi küsimuse vastusest saaks välja lugeda domineeriva väärarusaama, peab olema eelnevale tuginedes täidetud teatud kriteeriumid.

Esimese kriteeriumina peab üksiku küsimuse kontsentratsiooni faktor näitama, et õpilased on vastates süvenenud ning pole valitud juhuslikkuse alusel. Teiseks määratakse igale küsimusele kontsentratsiooni faktori ja tulemuse võrdluse alusel vastuse tüüp, mille järgi otsitakse väärarusaamu. Küsimustele määratud tasemete kaudu otsitakse üles LH, LM ja MM tüüpi vastused. Valede vastuste puhul peab vastajate arv vale valiku kohta ületama 30% kõikidest vastajatest, sellisel juhul loetakse vastus domineerivaks väärarusaamaks.

### 3. TULEMUSTE KIRJELDUS

Selleks, et FCI instrument ei kaotaks oma väärtust, on Ameerika füüsika õpetajate assotsiatsioon keelanud avaldada uuringu raames õpilastele esitatud küsimusi. Seetõttu ei ole töös avaldatud ühtegi küsimustikus esitatud küsimust.

Magistritöö raames viidi Elva Gümnaasiumi kaheksandate ja üheksandate klasside seas läbi FCI test, mida kasutati õpilaste seas levinud Newtoni mehaanika väärarusaamade tuvastamiseks. Alljärgnevatel tabelitel (Tabel 5 ja Tabel 6) on välja toodud kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste valikud vastavalt igale küsimusele. Kokku sisaldas küsimustik kolmekümment küsimust ning kaheksandatest klassidest osales uurimuses 41 õpilast ja üheksandatest osales uuringus 42 õpilast. Õige valik on tabelis toodud välja tumedama tooniga.

**Tabel 5.** Kaheksandate klasside õpilaste valikud vastavalt kolmekümnele esitatud küsimusele

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Küsimuse valikvastus	A	3	6	14	0	6	16	10	13	13	7	4	0	3	26	0
	B	10	6	15	3	17	25	19	11	5	1	4	20	7	6	9
	C	11	7	4	30	7	0	5	0	5	2	16	13	1	4	10
	D	16	19	1	6	7	0	4	8	10	10	14	6	7	4	12
	E	1	3	7	2	4	0	3	9	8	21	3	2	23	1	10
		K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	K30
	A	2	8	10	3	1	6	12	7	1	7	2	12	1	14	8
	B	11	2	7	20	4	15	2	5	6	3	5	10	8	11	6
	C	17	12	12	3	14	4	11	9	22	7	8	18	21	0	0
	D	5	17	12	0	2	9	3	16	9	11	11	0	5	16	20
	E	6	2	0	15	20	7	13	4	3	13	15	1	6	0	7

**Tabel 6.** Üheksandate klasside õpilaste valikud vastavalt kolmekümnele esitatud küsimusele

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Küsimuse valikvastus	A	2	3	3	0	9	11	15	10	20	13	10	0	6	24	0
	B	7	4	12	0	19	28	21	23	3	1	1	30	3	1	14
	C	23	3	8	32	6	2	3	0	2	6	17	12	2	3	9
	D	9	17	3	9	9	2	2	6	11	7	15	1	10	16	14
	E	3	17	18	3	1	1	3	5	8	17	1	1	23	0	7
		K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	K30
	A	1	6	11	6	10	5	17	3	1	8	6	12	0	9	12
	B	11	3	8	12	5	11	3	11	9	2	3	10	6	18	7
	C	19	13	10	5	7	9	7	11	10	11	4	20	21	0	0
	D	12	11	11	3	1	9	2	13	20	16	12	2	12	17	17
	E	1	11	4	18	21	10	15	6	4	7	19	0	5	0	8

Küsimustele arvutati kontsentratsiooni faktor ja õpilaste õigesti vastamise protsent, mille põhjal määrati igale küsimusele õpilaste vastamise tüüp. Õigesti vastanute protsent on viidud vahemikku 0-1. Kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste tulemus, kontsentratsiooni faktor ja vastuse tüüp on välja toodud tabelis 7 ja tabelis 8.

**Tabel 7.** Kaheksandate klasside õpilaste tulemus (T), kontsentratsiooni faktor (C) ja vastuse tüüp

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
T	0,27	0,07	0,17	0,15	0,15	0,61	0,46	0,27	0,32	0,17
C	0,16	0,17	0,16	0,55	0,12	0,50	0,19	0,11	0,05	0,27
	LL	LL	LL	LH	LL	MM	ML	LL	LL	LM
	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
T	0,10	0,49	0,07	0,10	0,22	0,27	0,05	0,24	0,37	0,02
C	0,17	0,28	0,30	0,40	0,10	0,15	0,18	0,11	0,31	0,29
	LL	MM	LM	LM	LL	LL	LL	LL	LM	LM
	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	K30
T	0,17	0,32	0,12	0,22	0,17	0,05	0,44	0,12	0,27	0,20
C	0,08	0,12	0,10	0,28	0,07	0,12	0,24	0,24	0,25	0,22
	LL	LL	LL	LM	LL	LL	MM	LM	LL	LM

**Tabel 8.** Üheksandate klasside õpilaste tulemus (T), kontsentratsiooni faktor (C) vastavalt küsimustele (K) ja vastuse tüüp

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
T	0,52	0,39	0,41	0,20	0,20	0,64	0,48	0,52	0,45	0,30
C	0,26	0,21	0,16	0,56	0,16	0,43	0,27	0,27	0,20	0,15
	MM	LM	ML	LH	LL	MM	MM	MM	MM	LL
	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
T	0,23	0,68	0,14	0,36	0,32	0,25	0,25	0,25	0,41	0,23
C	0,21	0,52	0,26	0,38	0,13	0,22	0,07	0,04	0,14	0,21
	LM	MM	LM	LM	LL	LM	LL	LL	ML	LM
	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	K30
T	0,23	0,34	0,25	0,45	0,18	0,14	0,45	0,27	0,41	0,27
C	0,02	0,18	0,07	0,20	0,10	0,17	0,24	0,24	0,20	0,15
	LL	LL	LL	MM	LL	LL	MM	LM	MM	LL

Õpilaste vastuste seas esines viite erinevat tüüpi vastuste mustreid, kuid viies, ML tüüp, paigutati LL alla, sest keskmine tulemus oli saadud juhusliku valiku teel. Edaspidi keskendutakse vaid LH, LM ja MM tüüpi vastustele, mille puhul on tulemus kas madal või keskmine ning kontsentratsiooni faktor keskmine või kõrge. MM tüüpi vastuste puhul on tegemist kahe populaarsema valikuga, millest üks on õige ja teine vale vastus. LM tüüpi vastuse puhul on samuti kaks populaarsemat valikut, millest mõlemad on valed vastused, sest õpilaste kontsentratsiooni faktor on keskmine, kuid tulemus on madal. LH tüübi puhul on üks populaarne vale vastus, sest tulemus on madal, kuid õpilased on küsimuse puhul süvenenud ning teinud valiku läbimõeldult. Kaheksandate ja üheksandate klasside õpilaste vastuste seas esinenud erinevate vastuste tüüpide jaotumine vastatud küsimuste vahel on välja toodud järgnevas kahes tabelis (Tabel 9; Tabel 10).

**Tabel 9.** Kaheksandate klasside vastuste jaotumine vastavalt vastuse tüübile

LL	LH	LM	MM
1; 2; 3; 5; 7; 8; 9; 11; 15; 16; 17; 18; 21; 22; 23; 25; 26; 29	4	10; 13; 14; 19; 20; 24; 28; 30	6; 12; 27

**Tabel 10.** Üheksandate klasside vastuste jaotumine vastavalt vastuse tüübile

LL	LH	LM	MM
3, 5; 10; 15; 17; 18; 19; 21; 22; 23; 25; 26; 30	4	2; 11; 13; 16; 20; 28	1; 6; 7; 8; 9; 12; 14; 24; 27; 29

Kaheksandate ja üheksandate klasside küsimused koos valikvastusega, mille puhul kahtlustati domineeriva väärarusaama eksisteerimist ning küsimused, mille puhul kõik kriteeriumid pidasid paika, on toodud välja järgnevas tabelites (Tabel 11; Tabel 12). Küsimused, mille puhul olid kriteeriumid täidetud, on kuvatud hallika tooniga.

**Tabel 11.** Üheksandate klasside LH, LM ja MM tüüpi küsimustest tulenevate valede valikute teinud õpilaste protsent

Küsimuse number	Vastuse tüüp	Esile kerkinud enim valitud vale vastus			
		Valik nr 1	Valiku teinud õpilaste %	Valik nr 2	Valiku teinud õpilaste %
K4	LH	C	73		
K6	MM	A	39		
K10	LM	D	24	E	51
K12	MM	C	32		
K13	LM	E	56		
K14	LM	A	63		
K19	LM	B	49		
K20	LM	C	34		

K24	LM	C	54		
K27	MM	A	29		
K28	LM	C	51		
K30	LM	D	49		

**Tabel 12.** Üheksandate klasside LH, LM ja MM tüüpi küsimustest tulenevate valede valikute teinud õpilaste protsent

Küsimuse number	Vastuse tüüp	Esile kerkinud enim valitud vale vastus			
		Valik nr 1	Valiku teinud õpilaste %	Valik nr 2	Valiku teinud õpilaste %
K1	MM	D	20		
K2	LM	D	39		
K4	LH	C	73		
K6	MM	A	25		
K7	MM	A	34		
K8	MM	A	23		
K9	MM	D	25		
K11	LM	C	39	D	34
K12	MM	C	27		
K13	LM	D	23	E	52
K14	MM	A	55		
K16	LM	C	43	D	27
K20	LM	E	48		
K24	MM	C	23		
K27	MM	A	27		
K28	LM	C	48		
K29	MM	D	39		

Kaheksandate klasside puhul on vaatluse all 12 valikut, mille puhul on õpilased juhindunud domineerivast väärarusaamast. Üheksandate klasside vastuste põhjal on vaatluse all üksteist õpilaste poolt valitud väärarusaama sisaldavat vastust. Tabelis number üks kajastusid kõik



FCI valikvastustele vastavad väärarusaamad. Antud tabeli põhjal viidi õpilaste valitud vastused vastavusse väärarusaamadega ning tulemused on klasside põhiselt kajastatud kahes järgnevas tabelis (Tabel 13; Tabel 14).

**Tabel 13.** Kaheksandate klasside küsimuste valikvastustele vastavad väärarusaamad

Küsimuse number	Valikvastus	Valiku teinud õpilaste %	Väärarusaama kategooria	Väärarusaam
K4	C	73	Teised liikumist mõjutavad mõjud	Takistused jõudu ei avalda
K6	A	39	Edasiviiv jõud (Impetus)	Ringjooneline edasiviiv jõud
K10	D	51	Edasiviiv jõud (Impetus)	Järk-järguline või viivitusega edasiviiva jõu kasvamine
K12	C	32	Edasiviiv jõud (Impetus)	Edasiviiva jõu hajumine
K13	E	56	Teised liikumist mõjutavad mõjud - gravitatsioon	Gravitatsioon on massi loomupärane omadus alla kukkuda
K14	A	63	Teised liikumist mõjutavad mõjud - takistus	Mass peatab kehad
K19	B	49	Kinemaatika	Asukoha ja kiiruse mitte eristamine
K20	C	34	Kinemaatika	Kiiruse ja kiirenduse mitte eristamine
K24	C	54	Edasiviiv jõud (Impetus)	Edasiviiva jõu hajumine
K28	C	51	Mõju/vastasmõju paarid	Suurem mass avaldab suuremat jõudu
K30	D	49	Teised liikumist mõjutavad mõjud	Takistused jõudu ei avalda

**Tabel 14.** Üheksandate klasside küsimuste valikvastustele vastavad väärarusaamad

Küsimuse number	Valikvastus	Valiku teinud õpilaste %	Väärarusaama kategooria	Väärarusaam
K2	D	39	Teised liikumist mõjutavad mõjud - gravitatsioon	Raskemad objektid kukuvad kiiremini
K4	C	73	Teised liikumist mõjutavad mõjud	Takistused jõudu ei avalda
K7	A	34	Edasiviiv jõud (Impetus)	Ringjooneline edasiviiv jõud
K11	C	39	Edasiviiv jõud (Impetus)	"Löögist" saadud edasiviiv jõud
K11	D	34	Edasiviiv jõud (Impetus)	"Löögist" saadud edasiviiv jõud
K13	E	52	Teised liikumist mõjutavad mõjud - gravitatsioon	Gravitatsioon on massi loomupärane omadus alla kukkuda
K14	A	55	Teised liikumist mõjutavad mõjud - takistus	Mass peatab kehad
K16	C	43	Mõju/vastasmõju paarid	Aktiivseimad agendid avaldavad suurimat jõudu
K20	E	48	Kinemaatika	Kiiruse ja kiirenduse mitte eristamine
K28	C	48	Mõju/vastasmõju paarid	Suurem mass avaldab suuremat jõudu
K29	D	39	Edasiviiv jõud (Impetus)	"Löögilt" saadud edasiviiv jõud

Kaheksandate kui ka üheksandate klasside õpilaste väärarusaamad jagunevad nelja kategooria vahel: teised liikumist mõjutavad mõjud; edasiviiv jõud; mõju/vastasmõju paarid ja kinemaatika. Õpilastele tekitab enim probleeme keha liikumapanev jõud või põhjus, miks keha liigub. Enim väärarusaamu on seotud keha edasiviiva jõuga (*Impetus*), mis hoiab keha liikumas. Mõlemal uurimuses osalenud grupil on mitmed kattuvad väärarusaamad. Ligikaudu

67% mõlemal grupil tuvastatud väärarusaamad on samad. Kattuvad väärarusaamad on järgmised:

1. Takistused jõudu ei avalda.
2. Ringjooneline edasiviiv jõud.
3. Gravitatsioon on massi loomupärane omadus alla kukkuda.
4. Mass peatab kehad.
5. Kiiruse ja kiirenduse mitte eristamine.
6. Suurem mass avaldab suuremat jõudu.

#### 4. ARUTELU

Teadupärast alustab iga õpilane oma õpinguid mitmete väärarusaamadega, mis ei lähe kokku teadusliku arusaamaga ning väärarusaamadest vabanemine ei ole lihtne ülesanne (Novak, 1988; Hestenes, 1987; Nussbaum ja Novick, 1982). Käesolevas uurimistöös kasutati õpilaste seas levinud Newtoni mehaanika väärarusaamade määratlemiseks valikvastustega FCI testi. Iga küsimustiku küsimus sisaldas õiget vastust ning nelja levinud väärarusaama. Käesolevas uurimistöös selgus kaheksandates klassides üheteistkümne ja üheksandates klassides kümne küsimuse vastamisel õpilaste poolt väärarusaama kasutuselevõtt. Õpilased juhendasid antud küsimustele vastamisel mitteteaduslikest arusaamadest.

Uurimistöö eesmärkide saavutamiseks kasutati kontsentratsiooni analüüsi, millega analüüsiti õpilaste vastuseid. Töös keskendus õpilaste valedele vastustele, mida traditsiooniline hindamisviis arvesse ei võta. Kuna õpilaste teadmised on süsteemsed kontekstist sõltuvad assotsiatsiooni mustrid (Bao ja Redish, 2001), saab eeldada, et õpilased teevad ka vale valiku põhjendatult. Seega püüti meetodit ja FCI-d kasutades tuua välja hinnaline teave õpilaste valede valikute kohta. Kontsentratsiooni analüüsi kaudu määrati igale küsimusele õpilaste vastamise tüüp - kas õpilane oli kontsentreeritult teinud valiku või oli valik juhuslikkuse alusel.

Antud uurimistöö viidi läbi Vabariigi Valitsuse poolt määratud distantsõppe perioodil, mil kogu õppetöö toimus distantsilt ning õpilastega oldi kontaktis vaid virtuaalse keskkonna vahendusel. Kaheksandate kui ka üheksandate klasside tulemustest on näha mitmeid LL tüüpi küsimuste vastuseid. Antud vastuse muster näitas madalat kontsentreeritust ning madalat tulemust, mille puhul õpilased ei olnud küsimusse süvenenud ning valitud oli juhuslikult valitud vastusevariant. Uurimuse läbiviija on arvamisel, et suure hulga küsimuste LL tüübi alla paigutumise põhjus võis seisneda distantsõppes, mille puhul õpilased ei olnud motiveeritud küsimustikku süvenema. Kindlasti peaks parima soorituse huvides olema edaspidi küsimustiku läbiviimisel kohal ka õpetaja.

Kokku tuvastati uurimistöös kaheksandike seas üheksa erinevat väärarusaama ning üheksandike seas üheksa erinevat väärarusaama. Väärarusaamade tekkepõhjuse väljaselgitamine võib olla keeruline (Novak, 1988; Hestenes, 1987; Nussbaum ja Novick,

1982). Soovides väljatoodud arusaamade tagamaid uurida, peaks korraldama kvalitatiivse uuringu. Siiski annab antud teadmine õpetajale väga hea suuna, kuhu õppega edasi minna, sest õpilaste eelteadmised on õpetajatöös väga väärtuslik informatsioon. Eelteadmised mõjutavad oluliselt õpilase arusaamist füüsika kontseptsioonidest (Haidar ja Abraham, 1991). Oluline on, et õpilased teadvustaksid antud valesid arusaamu ning õpetajad võtaksid teadlikult kasutusele meetmeid, et aidata õpilastel neist vabaneda. Tuuakse välja, et väärad arusaamad võivad kogu edasise füüsikaõpingu muuta süsteemituks ning fragmenteerituks (Hestenes jt, 1992). Seega on oluline, et õpetaja oleks õpilaste seas levivatest väärarusaamadest teadlik.

Huvitava avastusena saab välja tuua kattuvate väärarusaamade eksisteerimise. Nii kaheksandates kui üheksandates klassides tuvastati samade väärarusaamade eksisteerimine. Kui lennupõhine uuring tuvastas mõlemal grupil üheksa erinevat väärarusaama, siis gruppide võrdlusest selgus, et mõlemal grupil oli kuus sama väärarusaama. Seega on ligikaudu 67% tuvastatud väärarusaamadest mõlemas uuringus osalenud grupis samad. Tulemust võib põhjendada sellega, et klassidele õpetavad füüsikaõpetust samad aineõpetajad.

Vaid ühe küsimuse puhul tuvastati LH vastusetüüp. Antud vastuse tüübi puhul oli kontsentratsiooni faktori väärtus kõrge ning tulemus madal - suurem hulk õpilasi valis valikvastuste seast domineeriva väärarusaama. Mõlemal uuringugrupil esines sama küsimuse puhul LH vastuse muster. Nii kaheksandates kui ka üheksandates klassides on 73% õpilastest veendunud, et takistused ei avalda jõudu. Mõlemast grupist kerkib esile veel mitmeid levinud väärarusaamu. Enam esinenutest võib välja tuua, et ligikaudu pooled õpilastest on veendunud, et gravitatsioon on massi loomupärane omadus alla kukkuda (8. klass: 56%; 9. klass: 52%) ja mass peatab kehad (8. klass: 63%; 9. klass: 55%).

Uurimistöö tulemustest selgus, et õpilastel on domineerivaid väärarusaamu seoses kõigi Newtoni seadustega. Kogu väärarusaamade loetelu näitab, et õpilased püüavad probleemi lahendada nõ loogika ehk tervemõistusliku lähenemise abil. Üheks näiteks - kui suur veoauto põrkab kokku väikese sõiduautoga, siis kokkupõrke järel avaldab veoauto sõiduautole suuremat jõudu kui sõiduauto avaldab veoautole. Antud probleemi lahendamiseks kujutatakse esmalt situatsiooni ette ning nähakse, et sõiduauto saab suuremat kahju. Tulemusest järeldatakse, et takistus ei avalda jõudu või et aktiivsem keha avaldab suuremat jõudu.

Õpilased, kes juhendusid küsimustiku vastamisel domineerivatest väärarusaamadest, võivad hätta jääda gümnaasiumiastmes süvenenumalt Newtoni seaduste omandamises.

Õpetajale, kes antud väärarusaama olemasolu teab, võib sellest vabanemine olla keeruline protsess, sest eelnev teadmine peab olema täielikult likvideeritud. Õpetaja peab suutma uue teadmise muuta vaieldamatuks (Kidron, 1999). Teadlased toovad välja, et kõige efektiivsem viis teadmiste omandamiseks ja pikaajaliseks talletamiseks, on õpilasel lasta kontseptsioon enda kogemusel luua (Marek ja Methven, 1991). Seega rõhutatakse füüsikas uurimispõhise õppemeetodi vajalikkust, mille kaudu õpilased suudaksid nii öelda käed külge meetodi kaudu teadmised omandada (Türkmen ja Usta, 2007). On üldlevinud teadmine, et läbi praktika toimub õppimine efektiivsemalt võrreldes traditsioonilise lähenemisega. Seetõttu peaks õpetaja kasutama võimalikult praktilisi õppemeetodeid, et uurimistöös tuvastatud väärarusaamadest vabaneda. Samuti on väga heaks võimaluseks kasutada õppetöös arvutisimulatsioone, mille roll väärarusaamade ümberkujundamises on uuritud ning tõestatud (Tao ja Gunstone, 1999).

**Uurimistöö piirangud ja edasised uurimissoovitused.** Uurimistöö on kvantitatiivse iseloomuga ning saadud andmed kehtivad vaid valimisse kuulunud õpilaste kohta.

Jätkuuuringuks soovitab uurimistöö autor uurida sama klassi väärarusaamade kujunemist aastate lõikes. Selline teadmine annaks õpetajale väärtuslikku informatsiooni õppemetoodika kohta. Uurimisküsimuseks võib olla - kas varem tuvastatud väärarusaamad jäävad püsima, kaovad või asenduvad uute väärarusaamadega.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli tuvastada Elva Gümnaasiumi kaheksandate ja üheksandate klassides õppivate õpilaste seas levinud Newtoni mehaanika väärarusaamad. Eesmärgi täitmiseks kasutati Ameerika füüsika õpetajate assotsiatsiooni (AAPT) poolt välja töötatud valikvastustega küsimustikku Force Concept Inventory (FCI). Küsimustik koosnes kolmekümnest küsimusest, millest igal küsimusel oli üks õige vastus ning neli vale vastust. Valedeks vastusteks olid Newtoni mehaanikaga seonduvad levinud väärarusaamad.

Uurimistöös kasutati kontsentratsiooni analüüsi. Meetodi ülesanne oli kontsentratsiooni faktori ja õpilaste tulemuse põhjal määratud küsimuste tüüpide kaudu domineerivate väärarusaamade tuvastamine. Õpilaste vastuste põhjal ning kontsentratsiooni analüüsile tuginedes tuvastati kaheksandate klasside seas üksteist küsimust, mille puhul olid õpilased juhindunud väärarusaamast. Kokku tuvastati üheksa erinevat väärarusaama:

1. takistused jõudu ei avalda;
2. ringjooneline edasiviiv jõud;
3. Järk-järguline või viivitusega edasiviiva jõu kasvamine;
4. edasiviiva jõu hajumine;
5. gravitatsioon on massi loomupärane omadus alla kukkuda;
6. mass peatab kehad;
7. asukoha ja kiiruse mitte eristamine;
8. kiiruse ja kiirenduse mitte eristamine;
9. suurem mass avaldab suuremat jõudu.

Üheksandate klasside seas tuvastati kümne küsimuse puhul domineeriva väärarusaama eksisteerimine. Kokku tuvastati üheksa erinevat väärarusaama:

1. raskemad objektid kukuvad kiiremini;
2. takistused jõudu ei avalda;
3. ringjooneline edasiviiv jõud;
4. "löögist" saadud edasiviiv jõud;
5. gravitatsioon on massi loomupärane omadus alla kukkuda;
6. mass peatab kehad;
7. aktiivseimad agendid avaldavad suurimat jõudu;

8. kiiruse ja kiirenduse mitte eristamine;
9. suurem mass avaldab suuremat jõudu.

Uurimistöö tugevaks pooleks on sarnaste väärarusaamade tuvastamine mõlemas uuringus osalenud grupis. Uurimuse kaudu tuvastati, et üle poolte väärarusaamadest olid mõlemal lennul samad. Ligikaudu 67% mõlemal lennul tuvastatud väärarusaamad olid samad, mille põhjus võib seisneda selles, et mõlemale grupile õpetavad füüsikaõpetust samad aineõpetajad.

Uurimistöö nõrgaks pooleks oli uurimuse läbiviimise ajastus, milleks oli Eesti Vabariigi Valitsuse määratud distantsõppe periood. Seepärast oli mõlema klassi puhul näha passiivsust mitmete küsimustele vastamisel. Kontsentratsiooni analüüsiga tuvastati, et kaheksandikel oli üle poolte küsimuste puhul vastatud juhuslikkuse alusel. Üheksandikel oli natuke alla poole küsimuste vastustest valitud juhuslikult. Uuringu läbiviija on veendunud, et antud küsimuste puhul oleks tulemus olnud teine, kui uuring oleks läbi viidud õpetaja juuresolekul.

Uurimistöös on välja toodud mitmeid meetodeid, kuidas õpetaja peaks toimima tuvastatud väärarusaamade puhul. Kuna kogemuse põhjal omandatud teadmised on väga püsivad ning õpilased alustavad füüsikaõpetuse õpet juba eksisteerivate arusaamadega, peaks õpetaja pöörama eelteadmistele erilist rõhku. Uurimistöö autori hinnangul on kõige olulisem tuvastada väärarusaamad ning muuta aineõpe võimalikult praktiliseks.



## KASUTATUD KIRJANDUS

**Bao, L., (1999).** Chapter 3: Model Analysis Algorithms I: The Concentration Factor. Dynamics of Student Modeling: A Theory, Algorithms, and Application to Quantum Mechanics Documents. Thesis (Ph.D.). University of Maryland.

**Bao, L., Redish, E., F. (2001).** Concentration Analysis: A Quantitative Assessment of Student States. American Journal of Physics, 69.

**DeBoer, G. E. (2000).** Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings. Journal of Research in Science Teaching, 37(6), 582 - 601.

**Demirci, N. (2003).** Dealing with misconceptions about force and motion concepts in physics: A study of using web-based physics program. Hacettepe University Journal of Education, (24) 40-47.

**Doran, R., L. (1972).** Misconceptions of Selected Science Concepts. Journal of Research in Science Teaching, 9(2), 127-137.

**Driver, R., Easley, J. (1978).** Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. Studies in Science Education, 5, 61-84.

**Garnett, P. J., Garnett, P., Hackling, M. W., (1995).** Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. Studies in Science Education, 25(1), 69-96.

**Gilbert, J. K., Watts, D. M., Osborne, R. J. (1982).** Students' concepts of ideas in mechanics. Physics Education, 17, 62-66.

**Gümnaasiumi riiklik õppekava (GRÕK). (2011).** Riigi Teataja I, 14.01.2011, 2. <https://www.riigiteataja.ee/akt/120092011002> (10.07.2020).

**Haidar, A. H., Abraham, M. R. (1991).** Comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. Journal of Research in Science Teaching, 28(10), 919-938.

**Hake, R., R. (1998).** Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 66(1), 64.

**Halloun, G., Hestenes, D. (1985).** Common sense concepts about motion. American Journal of Physics, 53 (11), 1056-1065.

**Hestenes, D. (1987).** Toward a modeling theory of physics instruction. American Journal of Physics, 55 (5), 440-454.

**Hestenes, D., Halloun, G. (1995).** Interpreting the Force Concept Inventory A response to Huffman and Hellert. The Physics Teacher, 33, 502-506.

**Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. (1992).** Force concept inventory. The Physics Teacher 30(141), 141-158.

**Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G., Halloun, I., Hake, R., Mosca, E.(2013).** Force Concept Inventory (FCI). <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=FCI> (10.07.2020).

**Holbrook, J. Rannikmäe, M. Coll, R. K., Taylor, N. (2009).** The Meaning of Scientific Literacy. International Journal of Environmental and Science Education, 4(3), 275-288.

**Innove.** Eksamid ja testid. <https://www.innove.ee/eksamid-ja-testid> (10.07.2020).

**Kidron, A. (1999).** 122 õpetamistarkust. Andras & Mondo. Tallinn, 1999.

**Krikmann, O., Susi, J., Voolaid, H. (2005).** Eesti õpilaste väärarusaamad kiiruse ja kiirenduse vektorite suundade määramisel. Õpetajate leht, 25.02.2005.

**Marek, E. A. (1986).** Understanding and misunderstandings of biology concepts. The American Biology Teacher, 48(1), 37-40.

**Marek, E. A., Methven, S. B. (1991).** Effects of the learning cycle upon student and classroom teacher performance. Journal of Research in Science Teaching, 28(1), 41-53.

**McDermott, L. C., Redish, E. (1999).** Resource Letter: PER1: Physics Education Research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767.

**Nivalainen, V., Asikainen, M. A., Hirvonen, P.E. (2013).** Open guided inquiry laboratory in physics teacher education. *Journal on Science Teacher Education*, 24, 449– 474.

**Novak, J., D. (1988).** Learning Science and the Science of Learning. *Studies in Science Education*, 15(1), 77-101.

**Nussbaum, J., Novick, S. (1982).** Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11(3), 183–200.

**OECD, PISA 2015 (2013) Draft Science Framework.**  
<https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf> (23.07.2020).

**Pines, A., West, L. (1986).** Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within sources of knowledge framework. *Science Education*, 70 (5), 583-604.

**PISA 2015, (2018).** PISA 2015 Results-in-focus.  
<https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf> (10.07.2020).

**Põhikooli riiklik õppekava (PRÕK). (2011).** Riigi Teataja I, 17.01.2011, 2.  
<https://www.riigiteataja.ee/akti/isa/1290/8201/4020/1m%20lisa4.pdf#> (23.07.2020).

**Renner, J. M., Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Marek, E. A. (1990).** Understanding and misconceptions of eight graders of four physics concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1), 35-54.

**Renner, J. W., Abraham M. R., Grzybowski, E. B., Marek, E. A. (1992).** Understanding and misunderstanding of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.

**Savinainen, A., Viiri, J. (2008).** The Force Concept Inventory as a Measure of Students Conceptual Coherence. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(4), 719-740.

**Science Teaching Reconsidered: A Handbook 4. (2007).** Misconceptions as Barriers to Understanding Science. Committee on Undergraduate Science Education. National Academy Press: Washington, D.C. <https://www.nap.edu/read/5287/chapter/5> (10.07.2020).

**Tao, P., Gunstone, R. (1999).** The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 859 - 882.

**Tiit, K. (2010).** Füüsikaliste väärarusaamade püsivus. Magistritöö. Tartu Ülikool.

**Türkmen, H., Usta, E. (2007).** The Role of Learning Cycle Approach Overcoming Misconceptions in Science. *Kastamonu Education Journal*, 15(2), 491-500.

**Wahidah, N., Saptono, S., Wiyanto, W. (2019).** The Development of Three Tier Multiple Choice Test to Explore Junior High School Students' Scientific Literacy Misconceptions. *Journal of Innovative Science Education*, 8 (2), 190-198.

## SUMMARY

The aim of this thesis was to identify the common misconceptions of Newton mechanics among the eighth and ninth grade students of Elva High School. In research the Force Concept Inventory multiple choice test developed by the Association of American Physics Teachers was used. The test had thirty questions and each question had one correct answer and four wrong answers. The wrong answers were the common misconceptions of Newton mechanics.

The concentration analysis was used in research. The task of this method was to identify the dominant misconceptions through the types of questions appointed on the basis of the concentration factor and the result of the student. Based on the answers of the students and concentration analysis eleven questions were identified where the students were guided by a misconception. Altogether nine different misconceptions were identified:

1. obstacles exert no force;
2. circular impetus;
3. gradual/delayed impetus build-up;
4. impetus dissipation;
5. gravity intrinsic to mass;
6. mass makes things stop;
7. position-velocity undiscriminated;
8. velocity-acceleration undiscriminated;
9. greater mass implies greater force.

In the ninth grade the dominant misconception was found to exist for ten questions. Altogether nine different misconceptions were identified:

1. heavier objects fall faster;
2. obstacles exert no force;
3. circular impetus;
4. impetus supplied by "hit";
5. gravity intrinsic to mass;
6. mass makes things stop;
7. most active agent produces greatest force;

8. velocity-acceleration undiscriminated;
9. greater mass implies greater force.

The strength of this thesis is the identification of the same misconceptions in both of the groups. It was found that in both groups over half (67%) of the misconceptions were the same. The latter can be the result of the situation where both groups have the same physics teachers.

The weakness of the study is the timing of the research, which was during the quarantine and distance learning enforced by the Estonian government. Due to that a lack of interest was seen in the answering of many questions. The concentration analysis showed that in the eighth grade over the half of the questions were answered on a random basis. In the ninth grade a little under half of the answers were picked randomly. The author of this thesis is certain that the outcome would have been different if the test had been taken in the presence of a teacher.

Many different methods have been pointed out in this thesis how a teacher should act when a misconception is identified. Teachers should pay special attention to the fact that prior knowledge gained earlier in life is very persistent and students start their physics course with preconceived notions. The author of this thesis believes that the most important task is to identify the misconceptions and to make the subject as practical as possible.

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Silver Aarna,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Elva Gümnaasiumi kaheksandate ja üheksandate klasside Newtoni mehaanika väärarusaamad“, mille juhendaja on Kaido Reivelt, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Silver Aarna 14.08.2020